

# TEMA DEL DÍA

## EL TSUNAMI DE SUMATRA DEL 26 DE DICIEMBRE DE 2004

*The tsunami of Sumatra, of December 26, 2004*

Marta González (\*) y Sara Figueras (\*\*)

### RESUMEN

*El tsunami de Sumatra, del 26 de diciembre de 2004, se ha catalogado como el más destructivo de la historia. Desde el momento en que se produjo, los medios de comunicación dieron amplia cobertura de los hechos sucedidos así como de la evolución de sus consecuencias durante muchos días, incluso meses. En este artículo se explica en que contexto sismotectónico se produjo el terremoto que lo originó, cuales han sido sus efectos sobre la población, la economía, las infraestructuras y la excepcionalidad de un sismo de una elevada magnitud. También se ha intentado comparar con las estadísticas mundiales de los sismos más destructores y con los de magnitudes más grandes.*

### ABSTRACT

*The tsunami of Sumatra, of December 26, 2004, has been catalogued as the most known destructive tsunami. This article presents the sismotectonic context of the earthquake that produced the tsunami, his effects on the population, the economy, the infrastructures and the importance of his great magnitude.*

**Palabras clave:** *Tsunami, maremoto, terremoto, magnitud, peligrosidad sísmica, vulnerabilidad, sismicidad.*  
**Keywords:** *Tsunami, earthquake, magnitude, seismic hazard, vulnerability, seismicity.*

### INTRODUCCIÓN

El 26 de diciembre de 2004 a las 00:58:53 T.U, (07:58:53 AM, hora local) una hora más en la Península Ibérica se produjo uno de los sismos más importantes y jamás registrados, en la región de la isla de Sumatra, al suroeste de Banda Aceh, con una magnitud estimada de 9.3 (USGS-NEIC) y con una profundidad de 30 kilómetros. Como resultado del terremoto se produjo un devastador tsunami y el nivel de mar experimentó una elevación de varios metros en las costas de Indonesia y zonas costeras situadas a miles de kilómetros del epicentro.

El sismo del 26 de diciembre de 2004 es el cuarto terremoto más grande del mundo desde 1900 y el más grande desde el terremoto de Alaska en 1964, se ha catalogado como el más catastrófico de la historia.

El epicentro estaba situado a una distancia de 255 Km al SSE de Banda Aceh (Sumatra, Indonesia), a 310 Km al W de Medan (Sumatra, Indonesia), a 1.260 Km al SSW de Bangkok (Thailandia) y a 1.605 Km al NW de Jakarta (Java, Indonesia).

El tsunami afectó a varios países del sur y sureste asiático y de África: Indonesia, Sri Lanka, India,

Thailandia, Somalia, Myanmar, Malasia, Maldivas, Tanzania, Bangladesh, en la costa de la isla de Cocos, Kenia, Mauritania, región de las Islas Seychelles. Éste, causó más víctimas que cualquier otro registrado en la historia. Al menos, entre muertos y desaparecidos 235.800 personas se vieron afectadas en Indonesia, alrededor de 30.900 en Sri Lanka, 10.700 en la India, 5.300 en Tailandia, 150 en Somalia, 90 en Myanmar, 82 en Maldivas, 68 en Malasia, 10 en Tanzania, 3 en Seychelles, 2 en Bangladesh y 1 en Kenia. En total se han contabilizado más de 283.100 personas muertas entre las cuales 14.100 constan todavía como desaparecidas. Hubo más de 2.242.212 personas desplazadas por el terremoto y posterior tsunami en 10 países en Asia del sur y África oriental.

Las zonas afectadas quedaron totalmente arrasadas y las pérdidas no sólo fueron de vidas humanas, sino que también quedaron afectados los sectores económico, turístico, agrícola, la industria pesquera, las infraestructuras y las viviendas, entre otros. Otras consecuencias que ha tenido el desastre son las sociales, psicológicas y emocionales provocadas por la catástrofe y por la gran cantidad de víctimas que el tsunami ha dejado.

(\*) *Centre de Recerca en Ciències de la Terra de l'Institut d'Estudis Andorrans. Av. Rocafort 21-23. Edifici El Molí, 3er pis. St. Julià de Lòria - Principat d'Andorra. E-mail: mgonzalez@aepect.org*

(\*\*) *Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC). Parc de Montjuïc s/n. 08038 Barcelona. E-mail: Sfigueras@icc.es*

## CONTEXTO SISMOTECTÓNICO

La región donde ocurrió el sismo del 26 de diciembre de 2004 es una zona tectónicamente muy compleja, con varios límites de placas (figura 1). En esta zona están en contacto las placas: Indo-Australiana, Euroasiática, de Sunda, de Indonesia y la micropalaca de Burma.

A grandes rasgos, en esta región la placa Indo-Australiana se mueve hacia el norte-noreste con respecto a la placa Euroasiática a una velocidad cercana a 60mm/año. En la región del norte de Sumatra y de las islas Nicobar, los movimientos relativos de las placas Indo-Australiana y Euroasiática se acomodan en la fosa de Sunda y a varios cientos de kilómetros al este de la dorsal, en los límites de la placa de Birmania. La placa Indo-Australiana se subduce (se hunde) bajo la isla del Sumatra a una velocidad de unos 50mm/año. La dirección en la cual la placa Indo-Australiana converge con la placa Euroasiática es oblicua a la dirección general de la fosa de Sunda. Este movimiento oblicuo proporciona dentro de la placa cabalgamientos y fallas. Los cabalgamientos se producen en el límite entre la placa de la India y el oeste del límite de la placa de Indonesia.



Fig 1. Contexto sismotectónico del sismo del 26-12-2004. La estrella marca el epicentro. En ella se aprecia, viendo la distribución de las primeras réplicas, la longitud de la falla.

El terremoto ocurrió en la zona de subducción (figura 2a), en el límite de placas entre la placa de la India y de Birmania (Burma). En unos minutos la falla liberó las tensiones elásticas que se habían acumulado durante años por la subducción de la placa de la India bajo la placa de Birmania.

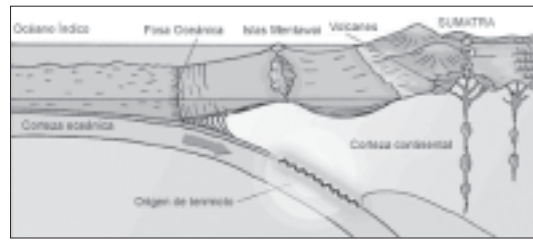


Fig. 2a. Esquema de la zona de subducción donde se produjo el sismo que originó el tsunami del 26-12-2004.

El tsunami se produce porque el borde frontal de la placa superior se libera por la tensión. Es el movimiento vertical del fondo oceánico el que hace desplazar a la columna de agua formando el tsunami (Figura 2b).

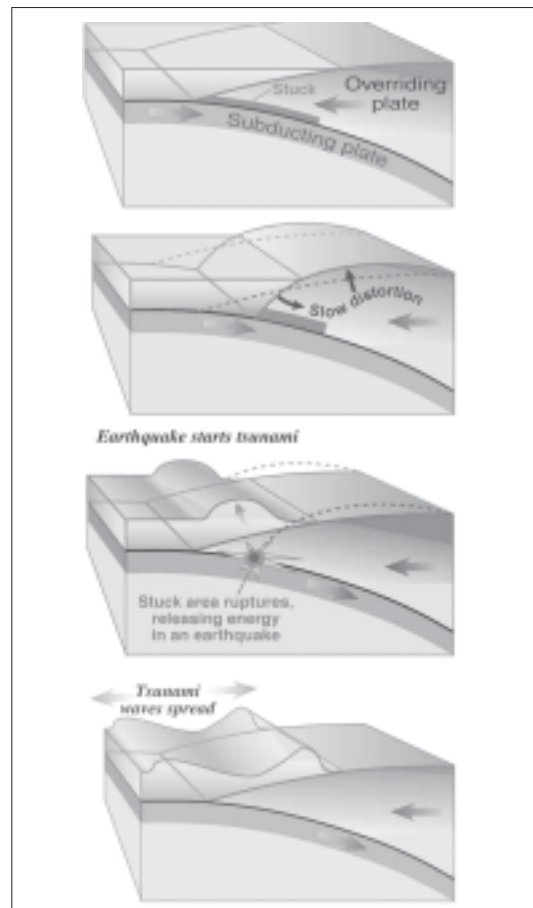


Fig. 2b. Esquema de cómo se movió la falla que originó el tsunami. (Extraído USGS)

## SISMICIDAD DE LA ZONA

La región de Indonesia es una de las zonas sísmicamente más activas de la Tierra. Como se ha explicado anteriormente, esta zona está situada en un límite de placas, donde la placa Indo-Australiana se hunde bajo la isla del Sumatra a una velocidad de 50 mm/año. El motivo de que en esta zona se produzcan terremotos de magnitud tan grande está asociado a la deformación de la región, producida por la rápida convergencia de las placas.

Si observamos el mapa de sismicidad para el periodo 1499 al 2004 (figura 3), nos podemos hacer una idea que estamos ante una zona sísmica muy activa. No solo por la cantidad de sismos que en ella se producen (unos 2.200 eventos para este periodo), sino también por su tamaño, es decir, por su magnitud, ya que estos 2.200 sismos tienen magnitudes superiores o iguales a 6.5.

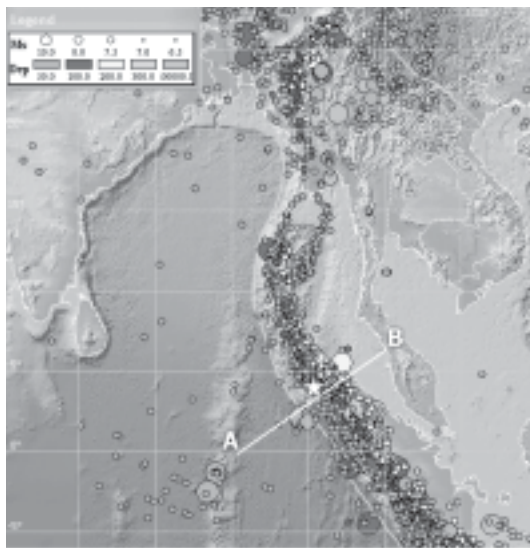


Fig. 3. Mapa de sismicidad para el periodo 1499-2004. La estrella muestra el terremoto del 26 de diciembre de 2004. La línea AB es la situación del perfil representado en la figura 4. (Extraído de [http://tsun.sccc.ru/tsulab/tsun\\_hp.htm](http://tsun.sccc.ru/tsulab/tsun_hp.htm))

En una zona de subducción, como en la que se produjo el sismo del 26 de diciembre de 2004, un parámetro característico es la profundidad a la que se producen los sismos. Por ejemplo, no tendrá la misma profundidad un terremoto producido en una zona de subducción que en una zona de dorsal oceánica. Los terremotos que se producen en una dorsal oceánica serán por lo general muy superficiales y sin embargo los terremotos que se producen en una zona de subducción varían desde muy superficiales a profundos. Los sismos que en ella se desencadenan van dibujando la zona de subducción. En la figura 4 se muestra un perfil topográfico y batimétrico de la zona en la que se produjo el sismo que causó el tsunami. Se puede observar como los terremotos van marcando la zona de subducción. Los tamaños de los círculos indican la magnitud de

los terremotos y el tono de gris indica la profundidad. Por ejemplo, los sismos representados en color gris oscuro se producen a unos 100 km de profundidad.

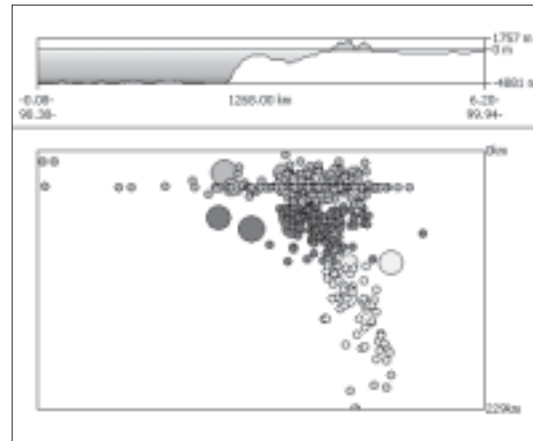


Fig. 4. Perfil según la línea AB del mapa de la fig. 3 mostrando la distribución de los sismos en profundidad, el tamaño del círculo nos indica la magnitud del terremoto. (Extraído de [http://tsun.sccc.ru/tsulab/tsun\\_hp.htm](http://tsun.sccc.ru/tsulab/tsun_hp.htm))

### Tsunamis históricos originados por sismos del oeste de la costa de Sumatra

En el mapa de la figura 5 se han representado los sismos que han originado tsunamis (tsunamigénicos) en la parte occidental de Sumatra indicando el año de ocurrencia para los sismos más destructivos, entre los que destacan:

- El sismo del 10 de febrero de 1797 de magnitud superior a 8.0 en la parte central de Sumatra. El temblor se sintió con gran intensidad en Padang y en el área de  $\pm 2$  grados del ecuador. Padang se inundó por las olas. Se produjeron alrededor de 300 víctimas.
- El sismo del 24 de noviembre de 1833 de magnitud entre 8.8 y 9.2 al sur de la costa oeste de Sumatra. Se estima una ruptura que va de  $1^{\circ}$ S a  $6^{\circ}$ S de latitud. Se produjo una ola gigante que inundó toda la parte del sur de Sumatra occidental. Se estima que se produjeron numerosas víctimas.
- El sismo del 5 de noviembre de 1843 de magnitud 7.2 al oeste de Sumatra central. La ola llegó del sudeste e inundó toda la costa de la Isla Nias. Hay constancia de que ocasionó muchas víctimas.
- El sismo del 16 de febrero de 1861 de magnitud 8.2. Terremoto muy fuerte que afectó toda la costa occidental de Sumatra. Produjo varios miles de víctimas.

Otros sismos que recientemente han originado tsunamis en la zona han sido los del 26 de mayo de 2003 de magnitud 9.0 en Halmahera, el del 2 de noviembre de 2002 de magnitud 7.4 en Sumatra, el del 7 de junio de 2000 de magnitud 6.5 en Bengkulu, el del 17 de febrero de 1996 en la región de Irian Jaya con magnitud de 8.1 y recientemente el del 28 de marzo de 2005 en el norte de Sumatra de magnitud 8.7.

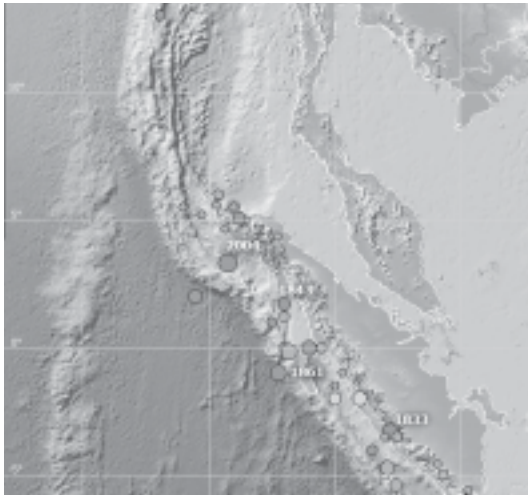


Fig.5. Sismos que han originado tsunamis. (Extraído de [http://tsun.sccc.ru/tsulab/tsun\\_hp.htm](http://tsun.sccc.ru/tsulab/tsun_hp.htm))

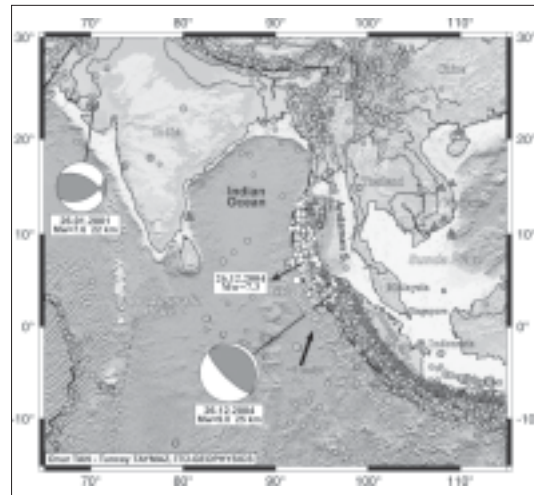


Figura 6. Representación del sismo del 26-12-2004 con su mecanismo focal. (Extraído de Yalciner et al., 2005)

### EL TERREMOTO DEL 26-12-2004

Este sismo, ya descrito en la introducción, ocurrió en una falla inversa, en el límite de placas de la India y de Birmania. En unos minutos la falla liberó las tensiones elásticas que se habían acumulado durante años, producidas por la subducción de la placa de la India por debajo de la placa de Birmania.

En la figura 6 esta representado con una estrella el sismo principal con su mecanismo focal (falla inversa).

### Magnitud

El sismo del 26 de diciembre de 2004 tuvo una magnitud de 9.3. Desde el año 1900, otros terremotos de tamaño similar o más grandes que éste han

sido: el terremoto de Kamchatka de magnitud 9.0 en 1952; el terremoto de las islas Andreanof (Alaska), de magnitud 9.1 en 1957; el terremoto de Chile de magnitud 9.5 en 1960 y el terremoto de 1964 de magnitud 9.2 también en Alaska (Prince William Sound). La característica común de todos es que han ocurrido en zonas de subducción y que además todos han producido tsunamis destructivos. El número de víctimas y los daños del tsunami de diciembre de 2004 sobrepasan con diferencia los daños causados por otros tsunamis.

En la tabla 1 se muestran los sismos más grandes del mundo desde 1900, podemos observar que el de Sumatra esta en tercera posición de la clasificación, con una magnitud de 9.3.

	Localización	Fecha,	M	Coordenadas Lat. long.		Referencias
1	<u>Chile</u>	22/05/1960	9.5	-38.24	-73.05	Kanamori, 1977
2	<u>Prince William Sound, Alaska</u>	28/03/1964	9.2	61.02	-147.65	Kanamori, 1977
3	<u>Off the West Coast of Northern Sumatra</u>	26/12/2004	9.3	3.30	95.78	PDE
4	<u>Kamchatka</u>	04/11/1952	9.0	52.76	160.06	Kanamori, 1977
5	<u>Off the Coast of Ecuador</u>	31/01/1906	8.8	1.0	-81.5	Kanamori, 1977
6	<u>Northern Sumatra, Indonesia</u>	28/03/2005	8.7	2.08	97.01	PDE
7	<u>Rat Islands, Alaska</u>	04/02/1965	8.7	51.21	178.50	Kanamori, 1977
8	<u>Andreanof Islands, Alaska</u>	09/01/1957	8.6	51.56	-175.39	Johnson, 1994
9	<u>Assam - Tibet</u>	15/08/1950	8.6	28.5	96.5	Kanamori, 1977
10	<u>Kuril Islands</u>	13/10/1963	8.5	44.9	149.6	Kanamori, 1977
11	<u>Banda Sea, Indonesia</u>	01/02/1938	8.5	-5.05	131.62	Kanamori, 1977
12	<u>Chile-Argentina Border</u>	11/11/1922	8.5	-28.55	-70.50	Kanamori, 1977

Tabla 1. Terremotos más grandes desde 1900. (Extraída de <http://neic.usgs.gov>)



La magnitud nos informa del tamaño que ha tenido el sismo, y es indicador de la energía que ha liberado. En la tabla 2, se intenta explicar como la variación de un grado, medio grado, tres décimas de grado y una décima de grado de la magnitud influye en el movimiento del suelo que produce y en la energía que libera. Por ejemplo, un terremoto de magnitud 7.2 produce 10 veces más movimiento del suelo que otro de magnitud 6.2, y libera 32 veces más de energía. La energía liberada indica la fuerza destructiva del terremoto.

Cambio de magnitud	Movimiento del suelo	Energía
1.0	10.0 veces	Alrededor de 32 veces
0.5	3.2 veces	Alrededor de 5.5 veces
0.3	2.0 veces	Alrededor de 3 veces
0.1	1.3 veces	Alrededor de 1.4 veces

Tabla 2. Cambio de magnitud-movimiento del suelo y energía liberada.

A modo de resumen podemos observar la figura 7, de izquierda a derecha se describe la escala de magnitud de Richter, se representan algunos sismos importantes producidos a nivel mundial y una equivalencia entre el grado de magnitud y la energía liberada en kilogramos de explosivo. También hemos representado el sismo que produjo el tsunami de Sumatra, podemos ver como este sismo se sitúa entre los más grandes a nivel mundial. En la figura también se muestra la media anual de sismos a nivel mundial para cada grado de magnitud.

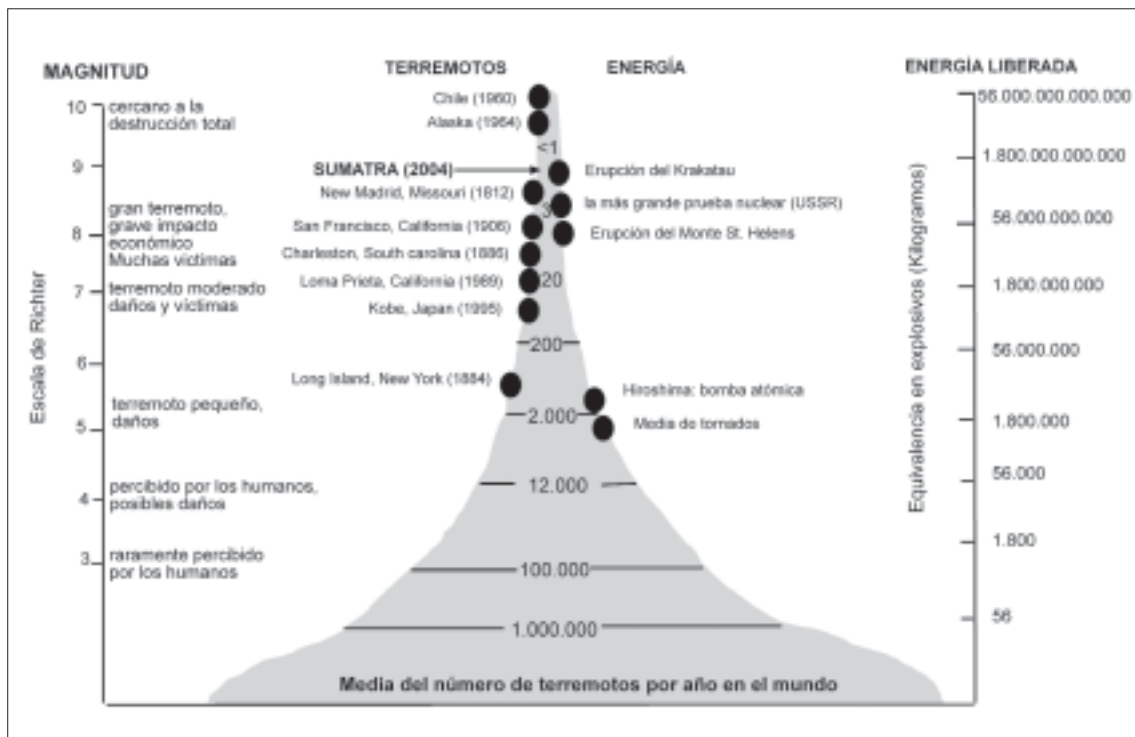


Fig. 7. Comparación de magnitud-energía liberada y media anual de sismos en el mundo.

## Réplicas

Normalmente, después de producirse un sismo grande, ocurren terremotos de menor tamaño cerca del sismo principal. A estos sismos se les llaman réplicas y son debidos a reajustes de la falla. Algunas series de réplicas duran largo tiempo, incluso superan el lapso correspondiente a un año (Alaska 1964, Chile 1960). La zona que cubre los epicentros de las réplicas se llama "área de réplicas" y sus dimensiones son indicadores del tamaño de la falla asociada al terremoto principal.

La zona de réplicas del terremoto del 26 de diciembre tiene una longitud de unos 1.300 kilómetros. Las réplicas ocurren en el plano de falla o en zonas muy cercanas, la longitud de la zona de las réplicas sugiere que la ruptura de falla del sismo principal se ha extendido hacia el norte del epicentro con una longitud de unos 1.000 kilómetros. Aunque a veces, un terremoto grande puede también provocar la actividad de terremotos en fallas distintas al del plano de falla del sismo principal, y separadas de ella por decenas o cientos de kilómetros.

En la figura 8 se representa la distribución de las réplicas entre el día 26-12-2004 cuando ocurrió el sismo principal y el 28-3-2005 fecha en la que se produjo otro gran sismo de magnitud 8.6 en la misma falla. En tres meses se produjeron alrededor de 480 sismos de magnitudes entre 5.0 y 6.0, 22 sismos de magnitud entre 6.0 y 7.0, 2 sismos de magnitud entre 7.0 y 8.0 y un sismo de magnitud superior a 8.0.

Un sismo empieza a ser percibido a partir de una magnitud 3.0 aproximadamente (dependiendo de la profundidad y de lo cercano que este al núcleo

de población), podemos decir que la zona estaba continuamente vibrando, con estos datos podemos hacernos una idea del pánico que tenían que tener los supervivientes de la catástrofe.



Fig. 8. Distribución de réplicas desde 26/12/2004 al 28/03/2005. (Extraído de <http://www.emsc-csem.org/>)

### El terremoto del 28-03-2005

El día 28 de marzo de 2005 se volvió a registrar un nuevo terremoto de gran magnitud, esta vez de 8.6 cerca de la isla de Nías, en Indonesia. Se trata del segundo sismo de gran violencia que se produce en la misma zona, donde el pasado 26 de diciembre de 2004 se produjera el sismo de magnitud 9.3 que originó el tsunami devastador. Este sismo se registró a las 16:09 UTC en las coordenadas 2.16° N 97.17° E, a 10 km de profundidad, con epicentro a 70 km al W de Pasar Singkil (Indonesia). Su magnitud, sensiblemente inferior a la del mes de diciembre, ha impedido en esta ocasión la generación de un tsunami, pero los daños sobre las estructuras han causado la muerte de otras 2.000 personas en la isla de Nías y en otros islotes próximos. Este sismo ha tenido numerosas réplicas como se muestran en la figura 9.

Numerosos edificios se derrumbaron por completo o sufrieron daños severos tanto en Nías, la zona más afectada por el temblor, como en la isla de Similue.



Figura 9. Localización del sismo del 28-03-2005 y posteriores réplicas. (Extraído de <http://www.emsc-csem.org/>)

### Intensidades percibidas

La intensidad es una medida de los efectos que produce el terremoto sobre las personas, objetos, construcciones y el terreno. La intensidad varía con la distancia al epicentro, será por lo general mayor cuanto más cerca se esté del epicentro e irá disminuyendo hasta llegar a un punto que no será percibido. Existen diversas escalas de intensidad, establecidas de manera empírica y que están en uso en la actualidad (Mercalli modificada (MM), MSK, EMS-92, EMS-98). En la tabla 3 se muestra una descripción simplificada de la escala MSK.

Así, un terremoto tendrá magnitud única, en el caso del sismo del 26-12-2004 magnitud 9.3, y diferentes intensidades dependiendo de la distancia de cada localidad al epicentro (como podemos observar en la figura 10).

El terremoto fue percibido en diferentes países de la siguiente forma (figura 10):

En **Indonesia**: con intensidad IX en Banda Aceh; VIII en Meulaboh, IV en Medan y Sampali, III en Bukittinggi, Parapat y Payakumbuh y Sentido en Yakarta.

En la **India**: con intensidad VII en Port Blair y las Islas Andaman; IV en Madras, III en Bengaluru y Vishakhapatnam y sentido en Bangalore, Bhubaneswar, Calcuta y Kochi.

Grado	Descripción
Grado I	No percibido
Grado II	A penas percibido
Grado II	Débil, percibido parcialmente
Grado IV	Ampliamente percibido
Grado V	Se despiertan los que duermen
Grado VI	Miedo
Grado VII	Daño en las construcción
Grado VIII	Destrucción de edificios
Grado IX	Daños generalizados en las construcciones
Grado X	Destrucción general de las construcciones
Grado XI	Catástrofe
Grado XII	Cambio de paisaje

Tabla 3. Descripción simplificada de la escala MSK

En **Malasia**: con intensidad V en Estado Gelugor, IV en Sungai Ara, III en Alor Setar, Gorge Town, Kampong Tanjong Bunga, Kuala Lumpur y Kulim.

En **Tailandia**: con intensidad V en Hat Yai, con intensidad IV en Bangkok, intensidad III en Chiang Mai y Phuket.

En **Myanmar**: con intensidad IV en Mandalay e intensidad III en Rangoon. En Singapur con intensidad II. En Bangladesh con intensidad III en Dhaka y sentido en Chittagong. En Sri Lanka con intensidad II en Kandy y en otras partes de Sri Lanka. En las Maldivas con intensidad IV en Male (casi a 2.500 kilómetros del epicentro) y en Guam percibido por la gente en un edificio a más de 5.400 kilómetros del epicentro.

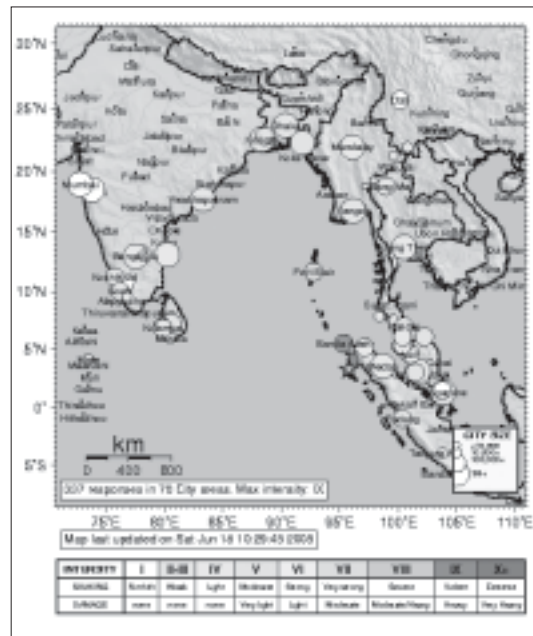


Fig. 10. Distribución de las intensidades del sismo del 26-12-2004. (Extraído de <http://www.emscem.org/>)

#### Tamaños de las olas

Las alturas de las olas del tsunami registradas en diferentes estaciones en centímetros fueron, en el océano Indico de 130 cm en Kochi (India), 240 cm en Vishakhapatnam (India), 260 cm en Colombo (Sri Lanka), 210 cm en Male (Maldivas), en la Isla de Cocos de 42 cm, en Australia alrededor de 80 cm. En el Océano Pacífico en las Islas Fiji de 11cm, en las Isala Vanuatu de 15 cm, etc. En el Océano Atlántico de 96 cm en Cape Town (Sudáfrica), y en Río de Janeiro (Brasil) de 30 cm. En la figura 11 a escala mundial y en la figura 12, de forma regional, se puede ver la elevación del nivel del mar provocada por el tsunami.

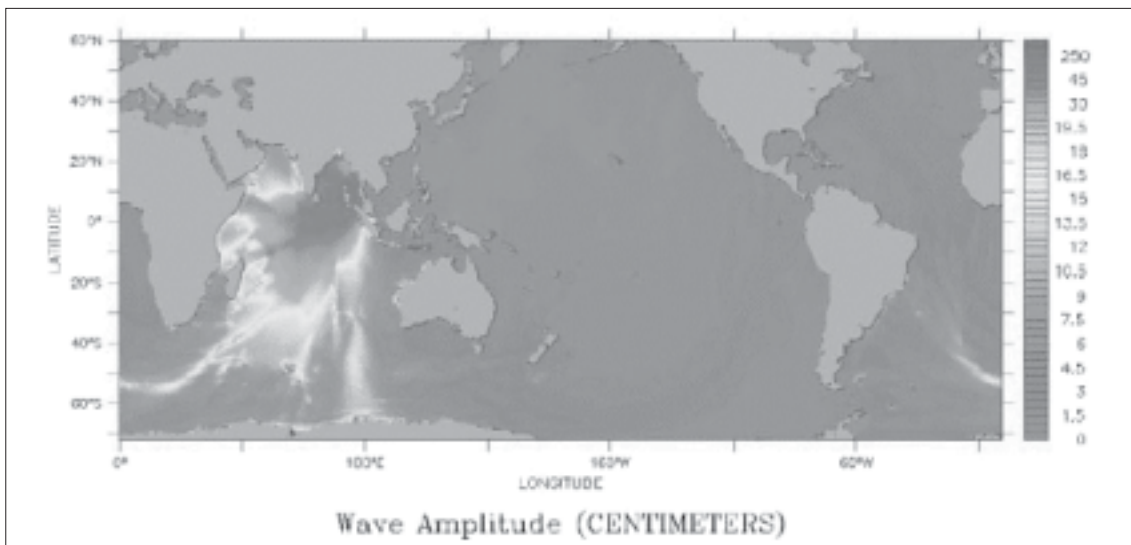


Fig. 11. Modelo global de la altura de las olas producidas por el sismo de Sumatra del 26 de diciembre de 2004 por V.Tito (PMEL, Seattle, USA).

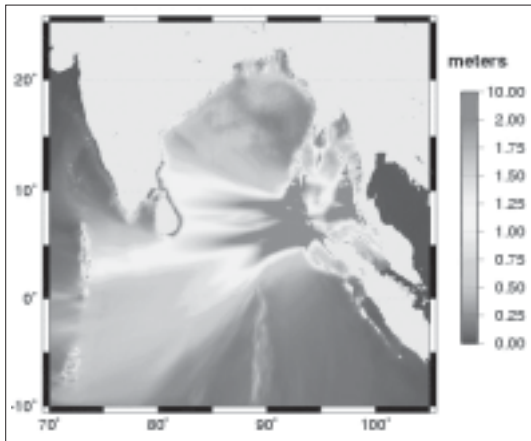


Fig. 12. Simulación hecha por ordenador de la elevación del mar producida por el tsunami del 26-12-2004. Realizado por A.Pitanesi (INGV, Roma, Italia). (<http://www.ingv.it/~roma/reti/rms/terremoti/estero/indonesia/indonesia.htm>).

### Modelo de propagación del tsunami

Después del tsunami la comunidad científica ha realizado diferentes modelizaciones de su propagación por la zona afectada. En este artículo presentamos la realizada dentro del proyecto TIME de la UNESCO con el programa TUNAMI N2.

(<http://ioc.unesco.org/iosurveys/Indonesia/yalciner/yalciner3.htm>)

En los siguientes gráficos se presenta la simulación de la generación, propagación y amplitud de las olas del tsunami del 26-12-2004. Se ha realizado la simulación del estado del mar a 5, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 600, 900 minutos en el Océano Índico (figura 13), y se han calculado las elevaciones máximas superficiales y las curvas de tiempo de la propagación del tsunami en la zona. Así podemos ver como se propagó el tsunami, en que tiempo alcanzó las diferentes costas y que altura tuvo.

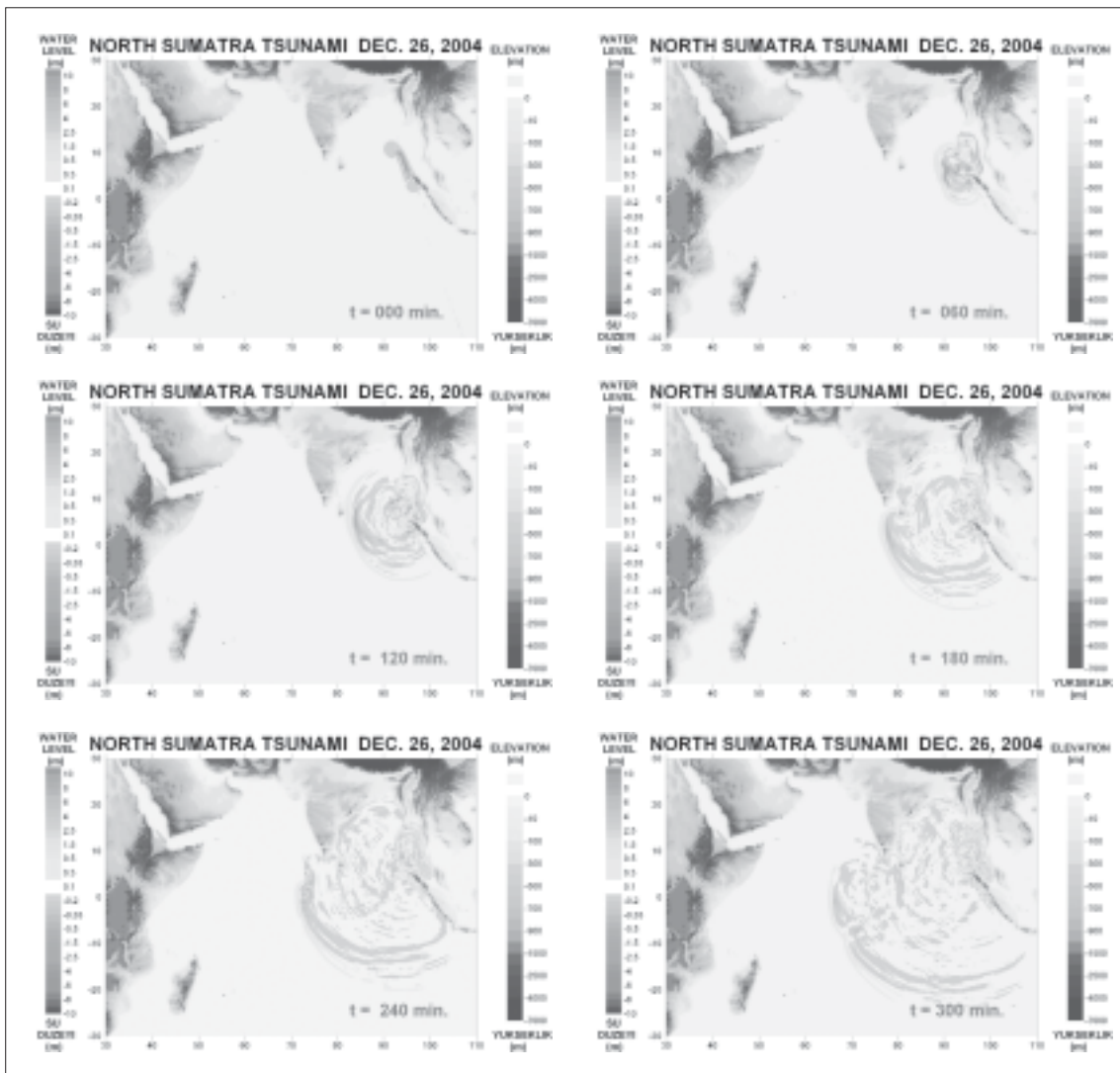


Fig. 13. Modelización del tsunami del 26 de diciembre de 2004 en el norte de Sumatra. Simulación del estado del mar a 0, 60, 120, 180, 240, 300, 360, minutos (Extraídas de: <http://www.geop.itu.edu.tr/%7Eetaymaz/sumatra/>) y variación del nivel del mar a los 900 minutos. Realizado por A.Yalciner, U.Kuran, T.Taymaz (Turkey) <http://yalciner.ce.metu.edu.tr/sumatra/max-elev-sim-1.jpg>



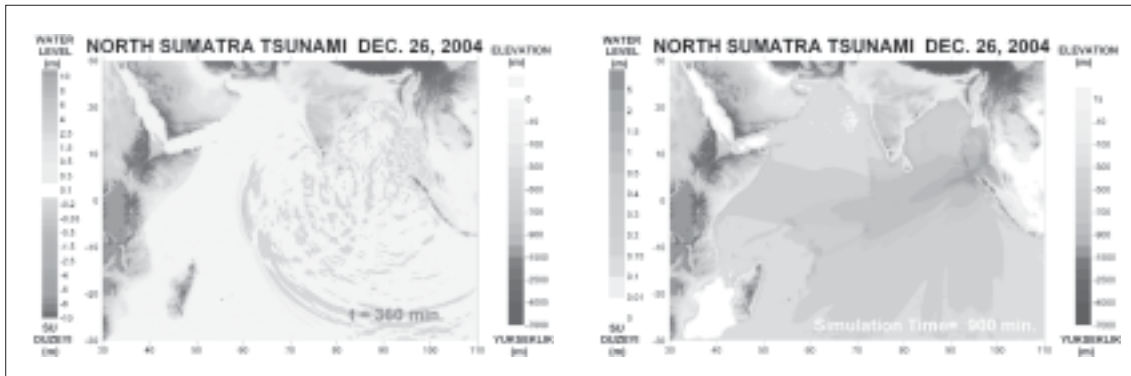


Fig. 13

## PÉRDIDAS HUMANAS Y ECONÓMICAS

### Víctimas

El terremoto y posterior tsunami causó la destrucción total en el sureste Asiático y mató a más personas que cualquier otro tsunami conocido en la historia (figura 14). El sismo fue registrado en las estaciones sísmicas de casi todo el mundo.

En total más de 283.100 personas murieron, 14.100 de ellas se han catalogado como desaparecidas (figura 15). Hubo más de 2.242.212 personas movilizadas por el terremoto y posterior tsunami en más de 10 países en el sur de Asia y África oriental.

Al menos 235.800 personas murieron en Indonesia y hubo alrededor de 426.800 desplazadas en las provincias de Aceh y Sumatra. Aproximadamente el 70 por ciento de la flota pesquera fue des-

truido. Se observó el tsunami con alturas de 30 metros a lo largo de la costa occidental de Sumatra.

En Sri Lanka alrededor de 30.900 personas murieron, 5.400 desaparecidos y 552.600 desplazados, la ola alcanzó una altura entre 5 y 10 metros. Aproximadamente el 6% de la flota pesquera fue destruido y 10 de los 12 puertos pesqueros principales del país sufrían daños.

En la India al menos 10.700 personas murieron, 5.600 desaparecidos y 112.500 desplazados en Andhra Pradesh, Kerala, Pondicherry, Tamil Nadu y las Islas Andaman y Nicobar. Las alturas de ola, fueron de más de 20 metros en las Islas Andaman y de 10 metros sobre la costa oriental de India.

Unas 5.300 personas murieron, 8.400 heridos y 3.100 desaparecidos a lo largo de la costa occiden-



Fig. 14. Comparación de las víctimas mortales en el periodo 2000-2004. La columna negra que sobresale corresponde al tsunami del 26-12-2004. (Extraído de <http://www.usgs.gov/>).

tal de Tailandia, donde las alturas de la ola fueron de 3-5 metros en el área de Phuket.

El tsunami también causó daños y víctimas en otros países, en Somalia murieron alrededor de 150 personas y hubo unos 5.000 desplazados; en las Maldivas unos 82 muertos, 26 desaparecidos y más de 21.600 desplazados; en Malasia unos 68 víctimas mortales, 6 desaparecidos y alrededor de 4.200 desplazados; en Myanmar 90 muertos, 10 desaparecidos y 3.200 desplazados; en Tanzania 10 muertos, en las Seychelles 3 muertos, 2 en Bangladesh, 1 en Kenia, alrededor de 1.000 desplazados en Madagascar y en Mozambique se observó el tsunami pero no hubo daños.

También causó daños en Sudáfrica, Australia y Antártica. El tsunami cruzó el Océano Pacífico y Océano Atlántico y fue registrado en Nueva Zelanda y a lo largo del oeste y de las costas orientales de Sur y Norteamérica. Se observaron hundimientos y derrumbes en Sumatra.

En Australia, causó daños menores en la Bahía de Mangles y Geraldton. En las Isla de Penguin se observó una ola de 30 centímetros. En la islas de Delambre y el la bahía de Geographe la gente fue arrastrada al océano, aunque todos sobrevivieron. El tsunami fue observado en Busselton.

En la tabla 4 se presentan los sismos más destructores conocidos en el mundo con más de

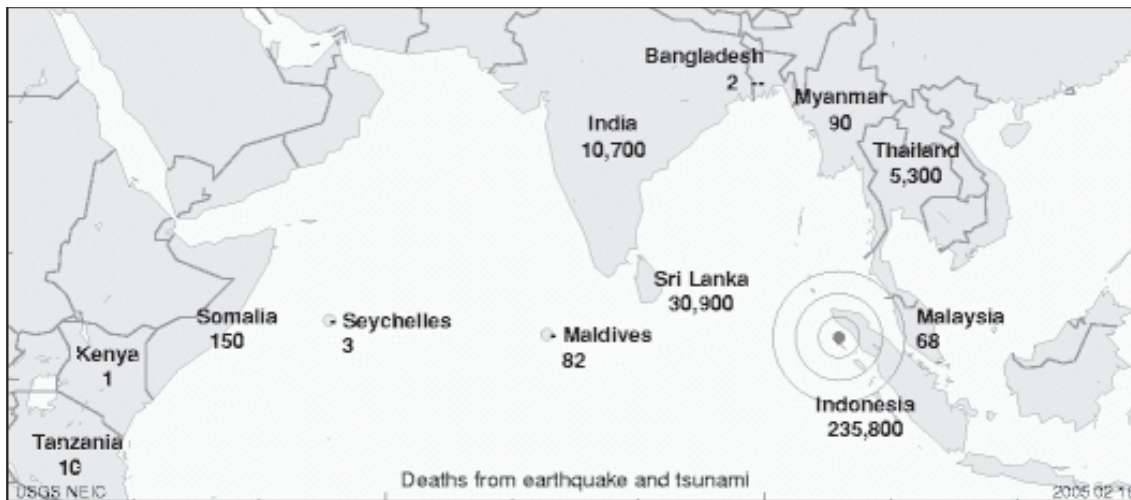


Figura 15. Mapa con las víctimas del terremoto y tsunami del 26.12.2004 (Extraído de <http://www.usgs.gov/>).

Fecha	Localización	Muertos	Magnitud	Comentarios
Enero 23, 1556	China, Shansi	830.000	~8	
Diciembre 26, 2004	Sumatra	283.106	9.3	Muertos por el terremoto y tsunami
Julio 27, 1976	China, Tangshan	255.000(oficial)	7.5	Número de muertos estimado 655.000
AAgosto 9, 1138	Syria, Aleppo	230.000		
Mayo 22, 1927	China, near Xining	200.000	7.9	Grandes fracturas
Diciembre 22, 856+	Iran, Damghan	200.000		
Diciembre 16, 1920	China, Gansu	200.000	7.8	Grandes fracturas y deslizamientos
Marzo 23, 893+	Iran, Ardabil	150.000		
Septiembre 1, 1923	Japan, Kanto(Kwanto)	143.000	7.9	Gran fuego en Tokio
Octubre 5, 1948	USSR (Turkmenistan, Ashgabat)	110.000	7.3	
Diciembre 28, 1908	Italy, Messina	70.000 a 100.000 (estdo)	7.2	Muertos por el terremoto y tsunami
Septiembre, 1290	China, Chihli	100.000		
Noviembre, 1667	Caucasia, Shemakha	80.000		
Noviembre 18, 1727	Iran, Tabriz	77.000		
Noviembre 1, 1755	Portugal, Lisbon	70.000	8.7	Gran tsunami.
Diciembre 25, 1932	China, Gansu	70.000	7.6	
Mayo 31, 1970	Peru	66.000	7.9	\$530,000,000 daños, grandes caídas de piedra, inundaciones
1268	Asia Minor, Silicia	60.000		
Enero 11, 1693	Italy, Sicily	60.000		
Mayo 30, 1935	Pakistan, Quetta	30.000 a 60.000	7.5	Quetta casi completamente destruida
Febrero 4, 1783	Italy, Calabria	50.000		
Junio 20, 1990	Iran	50.000	7.7	Deslizamientos

Tabla 4. Sismos más destructores conocidos en el mundo con más de 50.000 muertos. (Extraído de <http://www.usgs.gov/>).

50.000 muertos. Como podemos observar el sismo que generó el tsunami del 26 de diciembre de 2004 es el segundo terremoto que más víctimas mortales ha dejado después del de China en 1556.

### **Pérdidas económicas**

Las pérdidas económicas que el tsunami ha dejado han afectado a varios sectores como a la industria pesquera, al turismo, a las infraestructuras, a las viviendas, a la agricultura y a la salud. Otras consecuencias a medio y largo plazo son las sociales, psicológicas, emocionales y legales que se añaden al sufrimiento humano y familiar causado por el desastre.

Para muchos habitantes la pesca es la única forma de supervivencia. Para esta industria el tsunami ha causado una gran catástrofe. Las reservas de pescado se han agotado, así como el dinero de los pescadores. Muchas de las familias han perdido al cabeza de familia, junto con los barcos y los equipos de pesca.

El tsunami que afectó la costa de Tailandia, Indonesia y las Maldivas ha destruido la mayor parte de la biología marítima de la zona y también ha dañado el ecosistema con severidad.

Millones de peces fueron barridos hacia la tierra por las enormes olas, y muchos seguirán muriendo por su incapacidad para sobrevivir en el hábitat que ha quedado tras el tsunami. Además, probablemente el ecosistema haya empeorado debido a los depredadores, muchas especies no serán capaces de adaptarse al cambio repentino de su modo de vida y morirán.

El pescado es también un alimento muy común en estos países. La carencia repentina de pescado y sus sustancias nutritivas importantes pueden suponer un problema para la población, ya que usan el pescado en cada comida. Es un daño económico a gran escala.

El impacto que el tsunami ha ocasionado afecta también al turismo. Las enormes pérdidas de vidas humanas que el tsunami ha dejado en la región han provocado inseguridad en los futuros turistas, que temiendo que el fenómeno se vuelva a repetir han cambiado sus destinos turísticos. Se ha puesto en evidencia la seguridad de las personas, o bien porque se han tomado a la ligera la alta peligrosidad sísmica de la zona o bien porque si se han tomado medidas, estas han sido inadecuadas.

La fuerza del tsunami borró a su paso todo lo que fue encontrando en su camino, carreteras, ferrocarriles, edificios, etc. También rompió los conductos de aguas residuales, contaminó acuíferos y alimentos, provocando enfermedades como la malaria, el dengue, la fiebre tifoidea, el cólera, la leptospirosis, la hepatitis A, la fiebre amarilla y la fiebre del Nilo. La descomposición de la gran cantidad de víctimas que el tsunami dejó, ha contribuido a la propagación de las enfermedades entre los supervivientes.

Las cosechas, árboles y fauna han quedado totalmente destruidas. A nivel medioambiental los arrecifes de corales han sido severamente dañados por las enormes olas, incrementando el impacto ecológico que el tsunami ha dejado en la zona. Colateralmente, la destrucción del litoral ha reducido el potencial turístico de las zonas afectadas y su evidente influencia en la economía.

*Algunas imágenes de la catástrofe:*



*Banda Aceh antes del tsunami ([http://library.thinkquest.org/04oct/01724/effects\\_deathtoll.html](http://library.thinkquest.org/04oct/01724/effects_deathtoll.html))*



*Banda Aceh después del tsunami ([http://library.thinkquest.org/04oct/01724/effects\\_deathtoll.html](http://library.thinkquest.org/04oct/01724/effects_deathtoll.html))*



*Se observan las casas sobre la costa completamente borradas por el tsunami.  
Foto tomada en Banda Aceh (<http://walrus.wr.usgs.gov/tsunami/sumatra05/damage.html>)*



*Kalutara (Sri Lanka) antes del tsunami. Extraído de ([http://library.thinkquest.org/04oct/01724/effects\\_deathtoll.html](http://library.thinkquest.org/04oct/01724/effects_deathtoll.html))*

*Kalutara (Sri Lanka) después del tsunami. ([http://library.thinkquest.org/04oct/01724/effects\\_deathtoll.html](http://library.thinkquest.org/04oct/01724/effects_deathtoll.html))*

## CONCLUSIONES

A la vista está, que nos encontramos ante uno de los eventos naturales más catastróficos de la historia conocida. Con un balance de 283.100 víctimas mortales, más de 14.100 desaparecidos y unos 2.242.212 de personas movilizadas por el terremoto y posterior tsunami en más de 10 países del sudeste asiático y de África oriental.

Además de las víctimas humanas hay que añadir las pérdidas económicas que el tsunami ha dejado en diferentes sectores como la economía, la industria pesquera, la agricultura, el turismo y los daños en las infraestructuras y las viviendas. Y de las consecuencias a medio y largo plazo como son las sociales, psicológicas, emocionales y legales, que se añaden al sufrimiento humano y familiar causado por el desastre.

Después de una catástrofe de este tipo siempre se plantea la pregunta, si la catástrofe se podría haber evitado, o bien a través de la predicción, que ac-

tualmente es imposible; o bien a través de un sistema de alertas de tsunamis en la zona; o a través de una buena planificación territorial.

Esta claro, que los esfuerzos para mitigar catástrofes de este tipo deben dirigirse a una buena gestión y planificación del territorio de las zonas amenazadas. Conocidos los lugares en los que se encuentran las fuentes sísmicas, hay que tomar las medidas adecuadas para el desarrollo de las poblaciones en estas zonas, al igual que en las zonas donde puedan producirse tsunamis.

En estos países es necesaria la aplicación correcta de las normas de construcción sismorresistentes, al igual que la realización de unos buenos diseños estructurales. En el campo de la educación, explicar a la población con que riesgo convive y como autoprotegerse. Y por último es necesario que haya una interacción entre los sectores científico, político y social para la ejecución de medidas correctivas.



## BIBLIOGRAFÍA

Ahmet C. Yalciner, Dogan Perincek, Suku Ersoy, Ge-gar S. Presateya, Rahman Hidayat, Brian McAdoo (2005). December 26, 2004 Indian Ocean Tsunami filed survey (Jan. 21-31, 2005) at north of Sumatra Island. (<http://yalciner.ce.metu.edu.tr/sumatra/>)

José Fernando Borges, Bento Caldeira y Mourad Bez-zeghoud (2005). Source rupture process of the great Su-matra, Indonesia earthquake ( $M_W=8.9$ ) of 26 December 2004. Preliminary Results.

José Fernando Borges, Bento Caldeira y Mourad Bez-zeghoud (2005). Source rupture process of the great Su-matra, Indonesia earthquake ( $M_W=8.6$ ) of 28 March 2005. Preliminary Results.

Johnson, J.M., Y. Tanioka, L.J. Ruff, K. Sasaki, H. Kanamori, and L.R. Sykes, (1994). The 1957 great Aleu-tian earthquake, *Pure and Appl. Geophys.*, 142, 3-28.

Kanamori, H., (1977) The energy release of great earthquakes, *J. Geophys. Res.* 82, 2981-2987.

PDE (Preliminary Determination of Earthquakes) Monthly Listing, U.S. Geological Suvery, Golden, CO

## Webs:

Institute of Computational Mathematics and Mathe-matical Geophysics Siberian Division Russian Academy of Sciences ([http://tsun.sccc.ru/tsulab/tsun\\_hp.htm](http://tsun.sccc.ru/tsulab/tsun_hp.htm))

USGS (<http://www.usgs.gov/> )

European Mediterranean Seismological Centre (<http://www.emsc-csem.org/>)

CEA [http://www-dase.cea.fr/actu/dossiers\\_scientifiques/2004-12-26/index.html](http://www-dase.cea.fr/actu/dossiers_scientifiques/2004-12-26/index.html)

UNESCO ([http://ioc3.unesco.org/itic/categories.php?category\\_no=152](http://ioc3.unesco.org/itic/categories.php?category_no=152))

A.Pitanesi (INGV, Roma, Italia) (<http://www.ingv.it/~roma/reti/rms/terremoti/estero/indonesia/indonesia.htm>)

[http://library.thinkquest.org/04oct/01724/effects\\_deatholl.html](http://library.thinkquest.org/04oct/01724/effects_deatholl.html)

<http://walrus.wr.usgs.gov/tsunami/sumatra05/damage.html> ■